

Estimasi Parameter Model ARIMA Menggunakan *Kalman Filter* untuk Peramalan Permintaan Darah (Studi Kasus: UTD PMI Surabaya)

Mokhammad Hilmi Pamungkas¹, Erna Apriliani², dan Nuri Wahyuningsih³

Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: april@matematika.its.ac.id², nuri@matematika.its.ac.id³

Abstrak— Peramalan jumlah permintaan darah merupakan salah satu cara untuk mengantisipasi ketidakpastian permintaan dan persediaan darah. Pada penelitian ini, digunakan proses *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) untuk merumuskan model peramalan jumlah permintaan darah di UTD PMI Surabaya. Setelah memperoleh model yang sesuai, *Kalman Filter* diterapkan untuk mengestimasi parameter model ARIMA. Selanjutnya, hasil estimasi parameter model ARIMA menggunakan *Kalman Filter* (KF-ARIMA) dipakai untuk memprediksi beberapa hari kedepan. Hasil prediksi tersebut dibandingkan dengan hasil prediksi model ARIMA yang diprediksi dengan Eviews. Selain itu, pada penelitian ini juga dilakukan prediksi ARIMA yang nilai parameternya diperoleh dari estimasi *Kalman Filter* pada setiap iterasi (KF-ARIMA Simultan). Hasil akhir menunjukkan bahwa *Kalman Filter* dapat meminimalkan nilai kesalahan model ARIMA. Sehingga model ARIMA yang diestimasi menggunakan *Kalman Filter* lebih akurat dibandingkan sebelum diestimasi menggunakan *Kalman Filter*.

Kata Kunci— ARIMA, estimasi parameter, *Kalman Filter*.

I. PENDAHULUAN

Tranfusi darah merupakan suatu tindakan medis yang bertujuan untuk mengganti kehilangan darah pasien. Darah hanya dapat diberikan kepada pasien (*reseptor*) ketika mempunyai golongan darah yang sama dengan pendonor[1]. Tranfusi darah dibutuhkan pada saat kondisi kekurangan darah dalam jumlah yang besar yang disebabkan oleh perdarahan, operasi, trauma, dan tidak berfungsinya organ pembentuk sel darah merah. Sebab itu banyak rumah sakit yang membutuhkan darah (kantong darah) dalam jumlah yang besar dalam setiap harinya. Hal tersebut membuat semakin pentingnya analisis peramalan terhadap jumlah permintaan darah di UTD PMI Surabaya.

Peramalan merupakan suatu alat bantu yang digunakan untuk menyusun suatu rencana yang efektif dan efisien[2]. Dengan adanya peramalan, dapat mengolah data yang ada untuk menjelaskan suatu kejadian yang akan datang. Dalam penelitian ini menggunakan proses *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) untuk merumuskan model peramalan permintaan darah di UTD PMI Surabaya. Dalam menentukan prediksi dibutuhkan beberapa parameter dari model ARIMA. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode untuk mengestimasi parameter model ARIMA yang dapat memprediksi jumlah permintaan darah dengan meminimalkan nilai kesalahan (*error*) model ARIMA. Metode yang dapat digunakan adalah *Kalman Filter*.

Metode *Kalman Filter* merupakan suatu pendekatan teknis menaksir fungsi parameter dalam peramalan deret berkala. Keunggulan *Kalman Filter* adalah pada proses estimasinya menggunakan bentuk rekursif yang dapat

memperkecil nilai *Mean Absolute Error* (MSE) dan kesalahan[3]. Metode ini menggunakan teknik rekursif dalam mengintegrasikan data pengamatan terbaru ke model untuk mengoreksi prediksi sebelumnya dan melakukan prediksi selanjutnya secara optimal berdasarkan informasi masa lalu maupun informasi data saat ini[3].

Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan penelitian tentang estimasi parameter model ARIMA dengan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) dibandingkan dengan metode *Least Square* yang menghasilkan nilai RMSE yang sama besarnya[4].

Dalam penelitian ini, peramalan jumlah permintaan darah di UTD PMI Surabaya dirumuskan menggunakan model ARIMA. Setelah diperoleh model ARIMA yang sesuai untuk masing-masing golongan darah, selanjutnya parameter dari model ARIMA diestimasi menggunakan *Kalman Filter*.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini, adalah data sekunder jumlah permintaan darah yang diperoleh dari UTD PMI Surabaya mulai tanggal 1 Januari 2015 hingga 31 Agustus 2015. Data dibagi menjadi dua bagian, yaitu data *in sample* untuk merumuskan model ARIMA dan data *out sample* untuk mengetahui model yang terbaik. Dalam penelitian ini, akan menggunakan dua data *in sample* untuk merumuskan model ARIMA, yaitu:

- (i) data *in sample* sebanyak 181 hari yang dimulai bulan Januari hingga Juni 2015 dengan *out sample* 62 hari mulai Juli hingga Agustus 2015.
- (ii) data *in sample* sebanyak 90 hari yang dimulai bulan Januari hingga Maret 2015 dengan *out sample* 153 hari mulai April hingga Agustus 2015.

B. Analisis Time Series

Langkah pertama adalah melakukan uji stasioneritas dengan menggunakan plot Box-Cox dan *time series*. Setelah data sudah stasioner dalam varian maupun *mean*, dibuat plot ACF dan PACF untuk menentukan orde model ARIMA. Setelah diperoleh dugaan model sementara, akan dilakukan uji signifikansi parameter, residual bersifat *white noise* dan residual berdistribusi normal. Untuk pemilihan model terbaik, dipilih berdasarkan parameter model yang signifikan, residual *white noise* dan berdistribusi normal, serta mempunyai nilai AIC dan SBC terkecil.

Setelah mendapatkan model ARIMA yang sesuai pada masing-masing golongan darah, selanjutnya *Kalman Filter* diterapkan untuk mengestimasi parameter model ARIMA. Langkah terakhir adalah melakukan validasi dengan mem-

bandingkan nilai MAPE hasil peramalan model ARIMA yang parameternya diestimasi menggunakan *Kalman Filter* (KF-ARIMA) dengan hasil peramalan ARIMA yang diestimasi menggunakan metode *Least Square*.

III. HASIL/PEMBAHASAN

A. Pemodelan ARIMA

Langkah pertama dalam merumuskan model ARIMA adalah melakukan uji stasioneritas data terhadap varian dan *mean*. Data yang akan diuji adalah data permintaan darah dengan *in sample* sebanyak 181. Untuk melihat kestasioneran data terhadap varian dapat menggunakan plot Box-Cox dan *time series*. Apabila data belum stasioner terhadap varian (*rounded value* $\neq 1$) maka data akan ditransformasikan sampai data stasioner terhadap varian yaitu dengan *rounded value* = 1[5]. Sedangkan untuk melihat kestasioneran data terhadap *mean* dapat menggunakan uji *Augmented Dicky Fuller* (ADF)[5]. Apabila data belum stasioner maka dilakukan *differencing*. Setelah data stasioner terhadap varian dan *mean*, dilakukan plot ACF dan PACF untuk menentukan model sementara.

Pada data golongan darah O, plot ACF keluar pada lag ke-1, 2, 6, dan 7. Sedangkan pada plot PACF lag yang keluar adalah lag ke-1, 2, 6, dan 24. Sehingga pendugaan model sementara pada golongan darah O adalah ARIMA ([1,2,6,24],0,[1,2,6,7]). Pada data golongan darah A, plot ACF keluar pada lag ke-1, 2, 3,6, dan 7. Sedangkan pada plot PACF lag keluar pada lag ke-1. Sehingga dugaan model sementara pada golongan darah A adalah ARIMA(1,0,[1,2,3,6,7]).

Pada data golongan darah B, plot ACF keluar pada lag ke-1, 2, 3, dan 6. Sedangkan pada plot PACF lag keluar pada lag ke-1. Sehingga dugaan model semetara golongan darah B adalah ARIMA(1,0,[1,2,3,6]). Untuk data golongan darah AB plot ACF keluar pada lag ke-1. Sedangkan pada plot PACF lag keluar pada lag ke-1 dan 21. Sehingga dugaan model sementara golongan darah AB adalah ARIMA ([1,21],0,1).

Setelah mendapatkan dugaan model sementara, dilakukan estimasi parameter dan uji signifikansi parameter, uji residual *white noise*, serta uji residual berdistribusi normal. Apabila model sementara belum sesuai kriteria, maka dilakukan *overfitting*[6]. Model ARIMA terbaik diperoleh dengan membandingkan nilai AIC dan SBC yang terkecil. Langkah yang sama dilakukan untuk pendugaan model ARIMA pada masing-masing golongan darah.

Tabel 1 menunjukkan hasil model ARIMA terbaik dari keempat golongan darah. Masing-masing model juga telah memenuhi uji signifikan parameter, asumsi residual bersifat *white noise* dan residual berdistribusi normal seperti yang disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Model ARIMA Terbaik pada Setiap Golongan Darah dengan *In Sample* 181

Variabel	Model	MAPE
Golongan darah O	ARIMA(2,0,1)	24.6334
Golongan darah A	ARIMA(1,0,2)	36.9208
Golongan darah B	ARIMA(1,0,2)	22.0938
Golongan darah AB	ARIMA(1,0,1)	46.5352

Sehingga model ARIMA terbaik untuk meramalkan jumlah permintaan darah pada golongan darah O adalah ARIMA (2,0,1) atau dapat ditulis

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} - \theta_1 \alpha_{t-1} + \alpha_t \quad (1)$$

dengan $Y_t = Z_t^{0.25}$

Model ARIMA yang terbaik pada golongan darah A adalah ARIMA (1,0,2) atau dapat ditulis

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} - \theta_1 \alpha_{t-1} - \theta_2 \alpha_{t-2} + \alpha_t \quad (2)$$

dengan $Y_t = Z_t^{0.5}$

Model ARIMA untuk golongan darah B adalah ARIMA (1,0,2) atau dapat ditulis

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} - \theta_1 \alpha_{t-1} - \theta_2 \alpha_{t-2} + \alpha_t \quad (3)$$

dengan $Y_t = Z_t^{0.5}$

Model ARIMA untuk golongan darah AB adalah ARIMA (1,0,1) atau dapat ditulis

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} - \theta_1 \alpha_{t-1} + \alpha_t \quad (4)$$

dengan $Y_t = \ln Z_t$.

dimana:

Y_t : besarnya pengamatan (kejadian) pada waktu ke- t

$\phi_{1,2,\dots,p}$: koefisien orde ke-1, 2, \dots , p

$\theta_{1,2,\dots,q}$: koefisien orde ke-1, 2, \dots , q

α_t : nilai kesalahan pada waktu ke- t

Selain itu, model ARIMA juga dirumuskan dengan *in sample* sebanyak 90. Langkah-langkah merumuskan model ARIMA pada *in sample* 90 sama seperti perumusan model ARIMA dengan *in sample* 181. Pada langkah awal dilakukan uji stasioneritas data terhadap varian dan *mean*. Jika data sudah stasioner terhadap varian dan *mean*, maka dilakukan plot ACF dan PACF untuk menentukan model ARIMA sementara. Setelah diperoleh dugaan model sementara dilakukan estimasi parameter dan uji signifikansi parameter, uji residual *white noise*, serta residual berdistribusi normal. Jika model belum sesuai maka dilakukan *overfitting*. Pemilihan model ARIMA terbaik berdasarkan nilai AIC dan SBC yang terkecil. Langkah-langkah yang sama dilakukan untuk pendugaan model pada setiap golongan darah. Model yang sesuai pada masing-masing golongan darah dengan *in sample* 90 ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Model ARIMA Terbaik pada Masing-masing Golongan Darah dengan *In Sample* 90

Variabel	Model	MAPE
Golongan Darah O	ARIMA(1,0,1)	22.0980
Golongan Darah A	ARIMA(1,0,1)	33.1006
Golongan Darah B	ARIMA(1,0,1)	22.5131
Golongan Darah AB	ARIMA(1,0,1)	54.5694

Tabel 2 menunjukkan bahwa model terbaik pada setiap golongan darah dengan *in sample* 90 kebetulan sama semua, yaitu ARIMA(1,0,1) dan dapat ditulis

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} - \theta_1 \alpha_{t-1} + \alpha_t$$

dengan Y_t adalah bentuk transformasi dari Z_t

B. Estimasi Parameter Menggunakan Kalman Filter

Setelah memperoleh model ARIMA yang sesuai, *Kalman Filter* diterapkan untuk mengestimasi parameter model ARIMA. Parameter dan state yang akan diestimasi adalah ϕ_t dan θ_t serta mengestimasi nilai Y_t . Nilai koefisien diestimasi menggunakan *Kalman Filter* berdasarkan model ARIMA permintaan darah pada masing-masing golongan darah. Berikut ini penerapan *Kalman Filter* pada setiap golongan darah:

Untuk persamaan model ARIMA pada golongan darah O

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} - \theta_1 \alpha_{t-1} + \alpha_t$$

dengan $x_t = [\phi_1 \ \phi_2 \ \theta_1 \ Y_t]^T$ dan $H = [0 \ 0 \ 0 \ 1]$

Untuk persamaan model ARIMA pada golongan darah A

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} - \theta_1 \alpha_{t-1} - \theta_2 \alpha_{t-2} + \alpha_t$$

dengan $x_t = [\phi_1 \ \theta_1 \ \theta_2 \ Y_t]^T$ dan $H = [0 \ 0 \ 0 \ 1]$

Untuk persamaan model ARIMA pada golongan darah B

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} - \theta_1 \alpha_{t-1} - \theta_2 \alpha_{t-2} + \alpha_t$$

dengan $x_t = [\phi_1 \ \theta_1 \ \theta_2 \ Y_t]^T$ dan $H = [0 \ 0 \ 0 \ 1]$

Untuk persamaan model ARIMA pada golongan darah AB

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} - \theta_1 \alpha_{t-1} + \alpha_t$$

dengan $x_t = [\phi_1 \ \theta_1 \ Y_t]^T$ dan $H = [0 \ 0 \ 1]$

Algoritma *Kalman Filter* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Model sistem[6]:

$$x_{t+1} = Ax_t + w_t$$

Untuk golongan darah O:

$$\begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \theta_2 \\ Y_t \end{bmatrix}_{t+1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ Y_{t-1} & Y_{t-2} & -(\alpha_{t-1}) & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \theta_1 \\ Y_t \end{bmatrix}_t + w_t$$

Untuk golongan darah A:

$$\begin{bmatrix} \phi_1 \\ \theta_1 \\ \theta_2 \\ Y_t \end{bmatrix}_{t+1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ Y_{t-1} & -(\alpha_{t-1}) & -(\alpha_{t-2}) & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \theta_1 \\ \theta_2 \\ Y_t \end{bmatrix}_t + w_t$$

Untuk golongan darah B:

$$\begin{bmatrix} \phi_1 \\ \theta_1 \\ \theta_2 \\ Y_t \end{bmatrix}_{t+1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ Y_{t-1} & -(\alpha_{t-1}) & -(\alpha_{t-2}) & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \theta_1 \\ \theta_2 \\ Y_t \end{bmatrix}_t + w_t$$

Untuk golongan darah AB:

$$\begin{bmatrix} \phi_1 \\ \theta_1 \\ Y_t \end{bmatrix}_{t+1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ Y_{t-1} & -(\alpha_{t-1}) & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \theta_1 \\ Y_t \end{bmatrix}_t + w_t$$

Model umum pengukuran[6]:

$$z = Hx_t + v_t$$

Untuk golongan darah O:

$$z = [0 \ 0 \ 0 \ 1] \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \theta_2 \\ Y_t \end{bmatrix}_t$$

Untuk golongan darah B:

$$z = [0 \ 0 \ 0 \ 1] \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \theta_1 \\ \theta_2 \\ Y_t \end{bmatrix}_t$$

Untuk golongan darah A:

$$z = [0 \ 0 \ 0 \ 1] \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \theta_1 \\ \theta_2 \\ Y_t \end{bmatrix}_t$$

Untuk golongan darah AB:

$$z = [0 \ 0 \ 1] \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \theta_1 \\ Y_t \end{bmatrix}_t$$

Selanjutnya tahap inisialisasi, dengan menentukan nilai awal sebagai berikut:

Untuk golongan darah O:

$$R = 10^{-6}, Q = 10^{-6}$$

$$\hat{x}_0 = \begin{bmatrix} 1.109 \\ -0.109 \\ 0.456 \\ 2.991 \end{bmatrix}, P_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, Q_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot Q$$

Untuk golongan darah A:

$$R = 10^{-6}, Q = 10^{-6}$$

$$\hat{x}_0 = \begin{bmatrix} 1.00 \\ 0.69 \\ -0.22 \\ 6.48 \end{bmatrix}, P_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, Q_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot Q$$

Untuk golongan darah B:

$$R = 10^{-6}, Q = 10^{-6}$$

$$\hat{x}_0 = \begin{bmatrix} 0.98 \\ 0.69 \\ -0.11 \\ 9.59 \end{bmatrix}, P_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, Q_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot Q$$

Untuk golongan darah AB:

$$R = 10^{-6}, Q = 10^{-6}$$

$$\hat{x}_0 = \begin{bmatrix} 0.96 \\ 0.69 \\ 2.64 \end{bmatrix}, P_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, Q_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot Q$$

Tahap prediksi[6]:

$$\hat{x}_{t+1} = A_t \hat{x}_t$$

$$P_{t+1}^- = A_t P_t A_t^T + G Q_t G^T$$

Tahap koreksi[6]:

Pada tahap koreksi melibatkan Kalman gain:

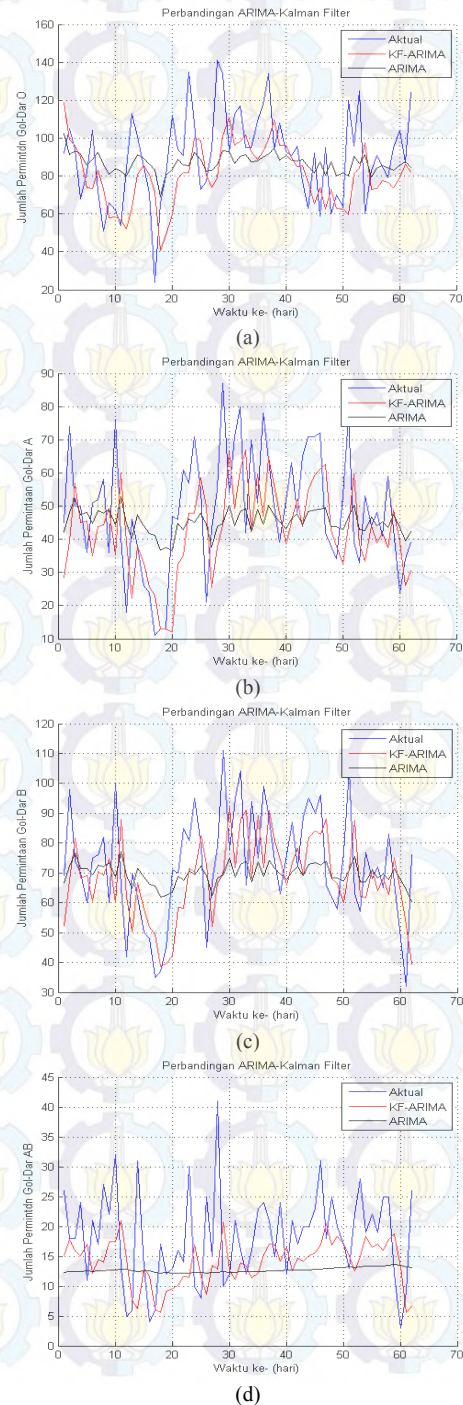
$$K_{t+1} = P_{t+1}^- H_{t+1}^T (H_{t+1} P_{t+1}^- H_{t+1}^T + R_{t+1})^{-1}$$

Kemudian, nilai \hat{x}_{t+1} dan P_{t+1} dicari dengan menggunakan nilai \hat{x}_{t+1}^- dan P_{t+1}^- yang diperoleh dari tahap prediksi

$$\hat{x}_{t+1} = \hat{x}_{t+1}^- + P_{t+1} H_{t+1}^T R_{t+1}^{-1} (z_{t+1} - H_{t+1} \hat{x}_{t+1}^-)$$

$$P_{t+1} = [(P_{t+1}^-)^{-1} - H_{t+1}^T R_{t+1}^{-1} H_{t+1}]^{-1}$$

Untuk Simulasi estimasi parameter model ARIMA menggunakan *Kalman Filter* dilakukan dengan bantuan *software* Matlab. Dan iterasi dilakukan sebanyak jumlah data observasi yaitu 243. Hasil simulasi perbandingan antara model ARIMA yang diestimasi menggunakan *Kalman Filter* (KF-ARIMA) dengan model ARIMA yang diestimasi menggunakan metode *Least Square* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Simulasi Perbandingan KF-ARIMA dan ARIMA dengan *in sample* 181 (a) Golongan Darah O (b) Golongan Darah A (c) Golongan Darah B (d) Golongan Darah AB

Gambar 1 menunjukkan bahwa grafik KF-ARIMA mendekati data aktual daripada grafik ARIMA. Untuk memastikan hasil prediksi yang paling akurat antara KF-ARIMA dan ARIMA dapat dilihat dari nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil estimasi parameter model ARIMA menggunakan *Kalman Filter* dan nilai MAPE dapat dilihat pada Tabel 3. Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai MAPE ARIMA yang diestimasi dengan *Kalman Filter* (KF-ARIMA) lebih kecil dibandingkan nilai MAPE ARIMA yang diestimasi dengan metode *Least Square*.

Tabel 3. Hasil Estimasi parameter menggunakan *Kalman Filter* dan Metode *Least Square*

Model	Parameter	(1)*		(2)*	
		Estimasi	MAPE (%)	Estimasi	MAPE (%)
Golongan Darah O					
ARIMA (2,0,1)	ϕ_1	1.1044		1.1760	
	ϕ_2	-0.1083	23.3203	-0.1760	24.6334
	θ_1	-0.4558		-0.9826	
Golongan Darah A					
ARIMA (1,0,2)	ϕ_1	1.0011		0.9988	
	θ_1	-0.6873	34.8269	-0.7904	36.9208
	θ_2	0.2190		-0.1894	
Golongan Darah B					
ARIMA (1,0,2)	ϕ_1	0.9809		0.9992	
	θ_1	-0.6913	21.1992	-0.7941	22.0938
	θ_2	0.1108		-0.1868	
Golongan Darah AB					
ARIMA (1,0,1)	ϕ_1	0.9579		0.9991	
	θ_1	-0.6910	45.0744	-0.9861	46.5353

(1)*: Estimasi parameter ARIMA menggunakan *Kalman Filter*

(2)*: Estimasi parameter ARIMA menggunakan metode *Least Square*

Selanjutnya parameter model ARIMA dengan *in sample* 90 diestimasi menggunakan *Kalman Filter*. Dengan menentukan nilai awal $R = 10^{-6}$ dan $Q = 10^{-6}$. Sedangkan nilai awal pada \hat{x}_0 sebagai berikut:

Untuk golongan darah O:

$$\hat{x}_0 = \begin{bmatrix} 0.99 \\ 0.49 \\ 20.54 \end{bmatrix}$$

Untuk golongan darah B:

$$\hat{x}_0 = \begin{bmatrix} 1.00 \\ 0.46 \\ 9.59 \end{bmatrix}$$

Untuk golongan darah A:

$$\hat{x}_0 = \begin{bmatrix} 0.98 \\ 0.46 \\ 8.48 \end{bmatrix}$$

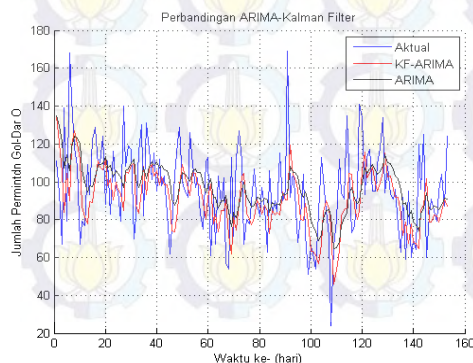
Untuk golongan darah AB:

$$\hat{x}_0 = \begin{bmatrix} 0.95 \\ 0.46 \\ 1.93 \end{bmatrix}$$

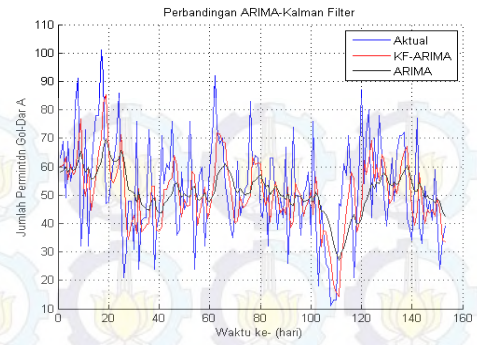
Nilai awal kovarian pada masing-masing golongan darah saat *in sample* 90, yaitu:

$$P_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, Q_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot Q$$

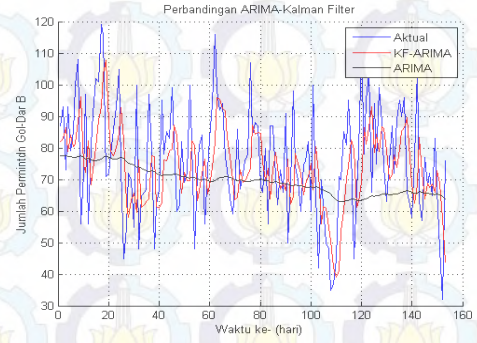
Kemudian dilakukan simulasi estimasi parameter model ARIMA menggunakan *Kalman Filter* dengan bantuan *software* Matlab. Hasil simulasi perbandingan antara KF-ARIMA dengan ARIMA pada masing-masing golongan darah saat *in sample* 90 dapat dilihat pada Gambar 2.



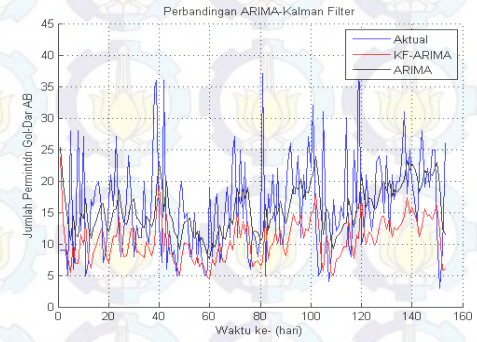
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2. Hasil Simulasi Perbandingan KF-ARIMA dan ARIMA pada *in sample* 90 (a) Golongan Darah O (b) Golongan Darah A (c) Golongan Darah B (d) Golongan Darah AB

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa grafik KF-ARIMA dan ARIMA sama-sama mendekati grafik aktual. Sehingga untuk mengetahui hasil prediksi yang lebih akurat dapat dilihat dari nilai MAPE yang terkecil. Hasil estimasi parameter model ARIMA menggunakan *Kalman Filter* dan nilai MAPE dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Estimasi parameter menggunakan *Kalman Filter* dan Metode *Least Square* pada *in sample* 90

Model	Parameter	(1)*		(2)*	
		Estimasi	MAPE (%)	Estimasi	MAPE (%)
Golongan Darah O					
ARIMA (1,0,1)	ϕ_1	0.9904	20.8903	1.0014	22.0980
	θ_1	-0.4908		-0.7765	
Golongan Darah A					
ARIMA (1,0,1)	ϕ_1	0.9846	31.0627	0.9991	33.1006
	θ_1	-0.4704		-0.8618	
Golongan Darah B					
ARIMA (1,0,1)	ϕ_1	0.9976	19.8621	0.9986	22.5131
	θ_1	-0.4513		-0.9799	
Golongan Darah AB					
ARIMA (1,0,1)	ϕ_1	0.9567	46.5454	1.0013	54.5694
	θ_1	-0.4174		-0.7166	

(1)*: Estimasi parameter menggunakan *Kalman Filter*

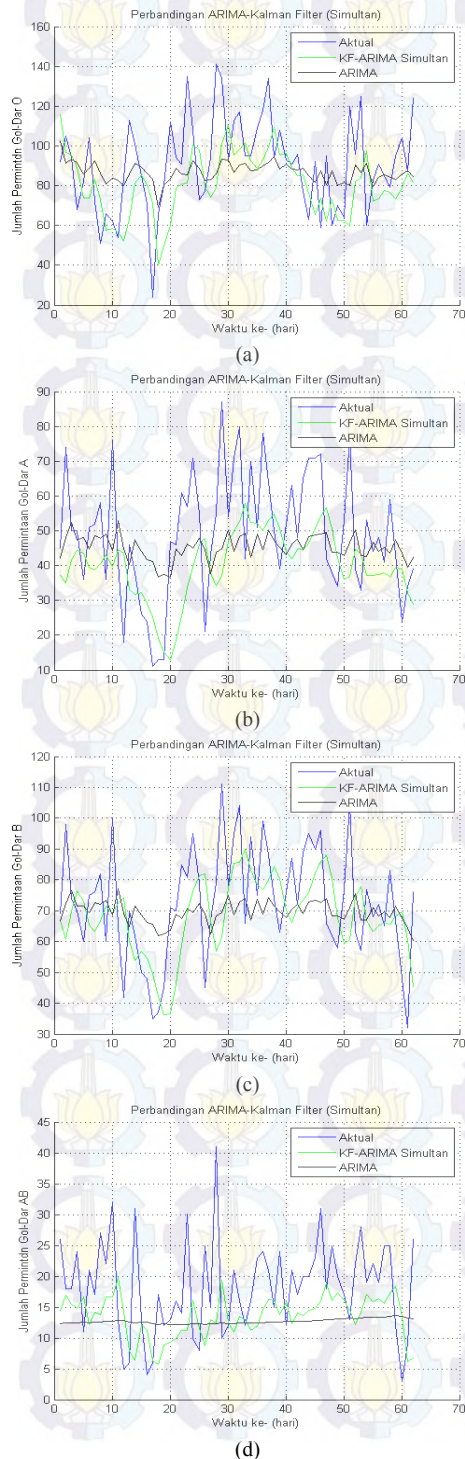
(2)*: Estimasi parameter menggunakan metode *Least Square*

Dari Tabel 4 terlihat bahwa nilai MAPE ARIMA yang parameter diestimasi menggunakan *Kalman Filter* (KF-

ARIMA) lebih kecil daripada nilai MAPE model ARIMA yang diestimasi dengan metode *Least Square*. Sehingga hasil prediksi KF-ARIMA lebih akurat daripada hasil prediksi model ARIMA yang parameternya diestimasi dengan metode *Least Square*.

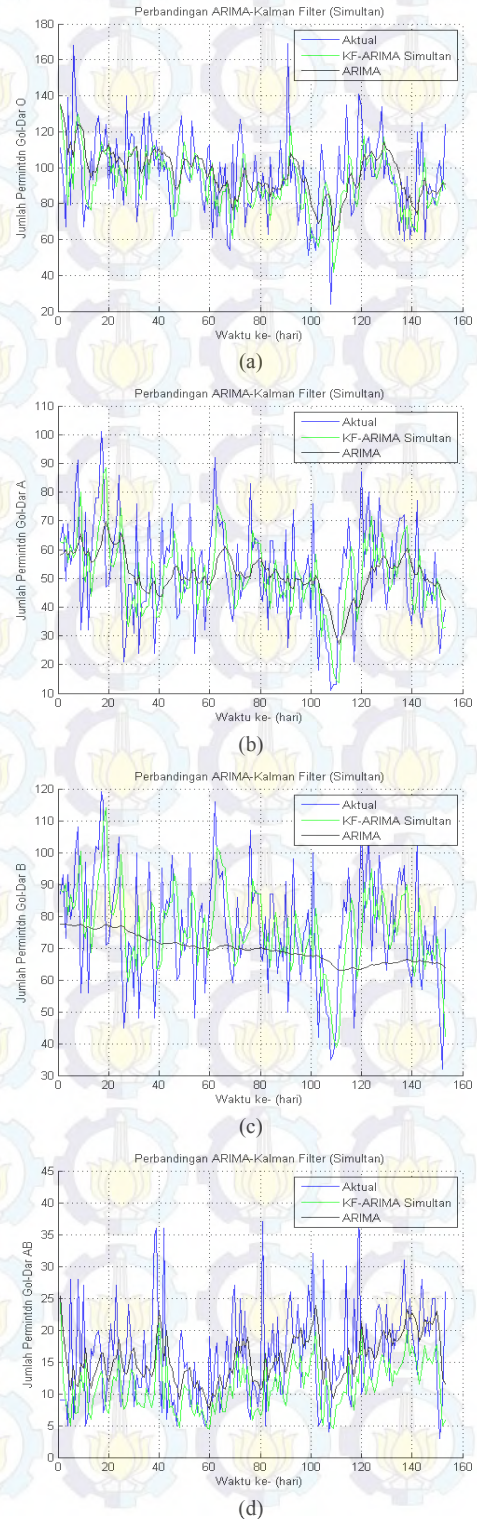
C. Prediksi KF-ARIMA Simultan

KF-ARIMA Simultan merupakan hasil prediksi model ARIMA dengan menggunakan nilai parameter dari hasil estimasi *Kalman Filter* pada setiap iterasi. Sehingga nilai parameter yang dipakai untuk memprediksi ARIMA selalu berbeda pada setiap iterasi. Hasil simulasi KF-ARIMA Simultan untuk memprediksi 62 hari kedepan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Simulasi KF-ARIMA Simultan dan ARIMA pada *In Sample* 181 (a) Golongan Darah O (b) Golongan Darah A (c) Golongan Darah B (d) Golongan Darah AB

Dari Gambar 3 terlihat bahwa grafik KF-ARIMA Simultan dan ARIMA menjauh dari grafik aktual. Sedangkan simulasi perbandingan antara KF-ARIMA Simultan dan ARIMA pada *in sample* 90 dapat dilihat pada Gambar 4. Dari Gambar 4 dapat diketahui bahwa grafik ARIMA dan KF-ARIMA Simultan terlihat mendekati grafik aktual. Untuk mengetahui hasil prediksi yang lebih akurat diantara KF-ARIMA Simultan dan ARIMA dapat dilihat dari nilai MAPE yang terkecil. Nilai MAPE KF-ARIMA Simultan pada *in sample* 181 dan 90 dapat dilihat dalam Tabel 5.



Gambar 4. Hasil Simulasi KF-ARIMA Simultan pada *In Sample* 90 (a) Golongan Darah O (b) Golongan Darah A (c) Golongan Darah B (d) Golongan Darah AB

Tabel 5. Nilai MAPE KF-ARIMA Simultan dan ARIMA

Ukuran data <i>In Sample</i>	Data	MAPE (%)	
		KF-ARIMA Simultan	ARIMA
181	Golongan Darah O	23.9932	24.6334
	Golongan Darah A	35.8383	36.9208
	Golongan Darah B	21.7579	22.0938
	Golongan Darah AB	45.5564	46.5352
90	Golongan Darah O	21.1074	22.0980
	Golongan Darah A	31.3083	33.1006
	Golongan Darah B	20.2335	22.5131
	Golongan Darah AB	46.6107	54.5694

Dari Tabel 5 dapat diketahui bahwa nilai MAPE KF-ARIMA Simultan lebih kecil dibandingkan nilai MAPE ARIMA. Sehingga hasil prediksi KF-ARIMA Simultan lebih akurat daripada ARIMA.

Hasil prediksi KF-ARIMA dan KF-ARIMA Simultan selalu berbeda hasilnya setiap dilakukan proses *running*. Hal ini disebabkan pada proses simulasi *Kalman Filter* menggunakan nilai *error* yang dibangkitkan secara normal random melalui program Matlab. Untuk itu akan disajikan rata-rata dari hasil prediksi KF-ARIMA dan KF-ARIMA Simultan yang dilakukan sebanyak 5 kali proses *running*.

Tabel 6. Rata-rata Error Hasil Prediksi pada Setiap Golongan Darah

No.	Model	MAPE (%)		
		KF-ARIMA	KF-ARIMA Simultan	ARIMA
(1)	ARIMA(2,0,1)	23.3757	23.9012	24.6334
	ARIMA(1,0,2)	34.9543	35.8769	36.9208
	ARIMA(1,0,2)	21.0614	21.9264	22.0938
	ARIMA(1,0,1)	45.0947	45.8269	46.5352
(2)	ARIMA(1,0,1)	21.0904	21.5041	22.0980
	ARIMA(1,0,1)	31.6465	31.9142	33.1006
	ARIMA(1,0,1)	19.9899	20.3648	22.5131
	ARIMA(1,0,1)	46.6682	46.8644	54.5699

(1) : Estimasi parameter model ARIMA dengan *in sample* 181

(2) : Estimasi parameter model ARIMA dengan *in sample* 90

Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata MAPE KF-ARIMA dan KF-ARIMA Simultan lebih kecil daripada ARIMA. Hal ini menunjukkan bahwa hasil prediksi model KF-ARIMA dan KF-ARIMA Simultan lebih akurat dibandingkan dengan hasil prediksi ARIMA. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *Kalman Filter* dapat digunakan untuk mengestimasi parameter model ARIMA dan dapat meminimalkan nilai kesalahan (*error*) model ARIMA.

III. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data *time series* jumlah permintaan darah di UTD PMI Surabaya, dapat disimpulkan bahwa:

1. Model peramalan yang sesuai pada masing-masing golongan darah adalah sebagai berikut:

Model peramalan pada golongan darah O adalah ARIMA(2,0,1) dengan MAPE 24.6334 dan dinotasikan

$$Y_t = 1.1760Y_{t-1} - 0.1760Y_{t-2} + 0.9826a_{t-1} + a_t$$

dengan $Y_t = Z_t^{0.25}$

Model peramalan golongan darah A adalah ARIMA (1,0,2) dengan MAPE 36.9208 dan dinotasikan

$$Y_t = 0.9988Y_{t-1} + 0.7904a_{t-1} + 0.1894a_{t-2} + a_t$$

dengan $Y_t = Z_t^{0.5}$

Model peramalan golongan darah B adalah ARIMA (1,0,2) dengan MAPE 22.0938 dan dinotasikan

$$Y_t = 0.9992Y_{t-1} + 0.7941a_{t-1} + 0.1868a_{t-2} + a_t$$

dengan $Y_t = Z_t^{0.5}$

Model peramalan golongan darah AB adalah ARIMA (1,0,1) dengan MAPE 46.5352 dan dinotasikan

$$Y_t = 0.9991Y_{t-1} + 0.9861a_{t-1} + a_t$$

dengan $Y_t = \ln Z_t$

2. Dengan menggunakan *Kalman Filter*, diperoleh model peramalan sebagai berikut:

Model peramalan pada golongan darah O dengan MAPE 23.3203 dan dinotasikan

$$Y_t = 1.1044Y_{t-1} - 0.1083Y_{t-2} - 0.4558 + a_t$$

dengan $Y_t = Z_t^{0.25}$

Model peramalan pada golongan darah A dengan MAPE 34.8269 dan dinotasikan

$$Y_t = 1.0011Y_{t-1} + 0.6873a_{t-1} - 0.2190a_{t-2} + a_t$$

dengan $Y_t = Z_t^{0.5}$

Model peramalan pada golongan darah B dengan MAPE 21.1992 dan dinotasikan

$$Y_t = 0.9809Y_{t-1} + 0.6913a_{t-1} - 0.1108a_{t-2} + a_t$$

dengan $Y_t = Z_t^{0.5}$

Model peramalan pada golongan darah AB adalah dengan MAPE 45.0744 dan dinotasikan

$$Y_t = 0.9579Y_{t-1} + 0.6910a_{t-1} + a_t$$

dengan $Y_t = \ln Z_t$

3. Berdasarkan hasil simulasi, dapat disimpulkan bahwa model ARIMA yang parameternya diestimasi menggunakan *Kalman Filter* (KF-ARIMA dan KF-ARIMA Simultan) hasil prediksinya lebih akurat dibandingkan hasil prediksi ARIMA yang diestimasi menggunakan metode *Least Square*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suminar, S.R. (2011) "Analisis Hukum Terhadap Pemberian Tranfusi Darah di Rumah Sakit Berdasarkan Undang-undang No. 4 Tahun 2009 Tentang Rumah Sakit". FH. UNISBA. Vol. XIII No. 3.
- [2] Makridakis, S., Wheelwright, S.C., dan McGee, V.E. (1999). "Metode dan Aplikasi Peramalan". Jilid satu. Jakarta: Binarupa Aksara.
- [3] Tresnawati, R., Nuraini, T.A., dan Hanggoro, W. (2010). "Prediksi Curah Hujan Bulanan Menggunakan Metode Kalman Filter dengan Prediktor SST Nino 3.4 Diprediksi". *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. Volume 11, No. 2: 106-251. Puslitbang BMKG. Jakarta.
- [4] Factmawati, M. (2014). "Estimasi Parameter Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)". *Tugas Akhir*. Jurusan Matematika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [5] Wei, W.S. (2006). "Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods". Second Edition. United State of America: Pearson Education inc.
- [6] Lewis, F.L., Xie, L., dan Popa. (2008). "Optimal and Robust Estimation with an Introduction to Stochastic Control Theory". Second Edition. London: CRC Press.